

**IMPLEMENTASI MODEL PJBL-STEM TERINTEGRASI EDP UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL*
THINKING PESERTA DIDIK SMA PADA
TOPIK SUHU DAN KALOR**

(Skripsi)

Oleh

**ANASTASIA SEKAR INDAH CAHYANI
NPM 2113022067**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

IMPLEMENTASI MODEL PJBL-STEM TERINTEGRASI EDP UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL THINKING* PESERTA DIDIK SMA PADA TOPIK SUHU DAN KALOR

Oleh

ANASTASIA SEKAR INDAH CAHYANI

Peningkatan kemampuan Computational Thinking (CT) dalam pembelajaran fisika masih perlu untuk ditingkatkan guna mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan abad 21. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas implementasi model *Project Based Learning-STEM* dengan strategi *Engineering Design Process* untuk meningkatkan kemampuan CT peserta didik tingkat SMA pada materi Suhu dan Kalor. Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 14 Bandar Lampung pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 dengan metode *quasi eksperiment* dengan desain penelitian *pretest-posttest control group design*. Sampel yang digunakan adalah kelas XI-6 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI-7 sebagai kelas kontrol. Instrumen yang digunakan berupa soal uraian. Pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM terintegrasi EDP efektif dalam meningkatkan kemampuan CT peserta didik. Hal ini dilihat dari rata-rata nilai *N-Gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,60 lebih besar daripada kelas kontrol dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,41. Selain itu, hal tersebut juga didukung dengan data hasil uji *Independent Sample T-Test* yang diperoleh nilai *Sig. (2-tailed)* $0,00 < 0,00$ dan juga diperkuat dengan uji ANCOVA dengan perolehan nilai *Sig.* $0,00 < 0,05$. Keefektifan implementasi model PjBL-STEM terintegrasi EDP terhadap kemampuan CT peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor termasuk dalam kategori besar yang ditunjukkan dengan hasil uji Effect Size dengan nilai *Partial Eta Squared* (η^2) sebesar 0,797.

Kata kunci: *Computational Thinking, Engineering Design Process, PjBL-STEM.*

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF THE PJBL-STEM MODEL INTEGRATED WITH EDP TO IMPROVE COMPUTATIONAL THINKING SKILLS OF HIGH SCHOOL STUDENTS ON THE TOPIC OF TEMPERATURE AND HEAT

By

ANASTASIA SEKAR INDAH CAHYANI

Increasing the ability of Computational Thinking (CT) in physics learning still needs to be improved in order to prepare students to face the challenges of the 21st century. This study aims to determine the effectiveness of the implementation of the Project Based Learning-STEM model with the Engineering Design Process strategy to improve the CT ability of high school students on Temperature and Heat material. This research was conducted at SMA Negeri 14 Bandar Lampung in the even semester of the 2024/2025 school year using the quasi-experiment method with a pretest-posttest control group design. The samples used were class XI-6 as the experimental class and class XI-7 as the control class. The instrument used was a description question. Learning using the PjBL-STEM model integrated with EDP is effective in improving students' CT skills. This can be seen from the average N-Gain value in the experimental class of 0.60 which is greater than the control class with an N-Gain value of 0.41. In addition, this is also supported by data from the Independent Sample T-Test test results which obtained a Sig value. (2-tailed) $0.00 < 0.00$ and also reinforced by the ANCOVA test with the acquisition of Sig value. $0,00 < 0,05$. The effectiveness of the implementation of the PjBL-STEM model integrated with EDP on the CT ability of high school students on the topic of Temperature and Heat is included in the large category as indicated by the Effect Size test results with a Partial Eta Squarred (η^2) value of 0.797.

Keywords: Computational Thinking, Engineering Design Process, PjBL-STEM.

**IMPLEMENTASI MODEL PJBL-STEM TERINTEGRASI EDP UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPUTATIONAL*
THINKING PESERTA DIDIK SMA PADA
TOPIK SUHU DAN KALOR**

Oleh

ANASTASIA SEKAR INDAH CAHYANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

Sekretaris

: Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd.

Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Viyanti, M.Pd.

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Abet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.

NIP.19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Juni 2025

Judul Skripsi

: **IMPLEMENTASI MODEL PJBL-STEM
TERINTEGRASI EDP UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
COMPUTATIONAL THINKING PESERTA
DIDIK SMA PADA TOPIK SUHU DAN
KALOR**

Nama Mahasiswa

: **Anastasia Sekar Indah Cahyani**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2113022067**

Program Studi

: **Pendidikan Fisika**

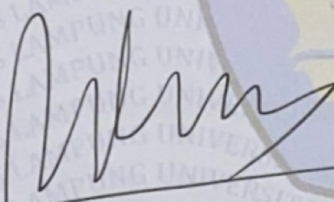
Fakultas

: **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



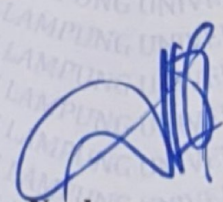
MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP 19681210 199303 1 002


Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd.
NIP 19901216 201903 1 017

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah :

Nama : Anastasia Sekar Indah Cahyani
NPM : 2113022067
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Alamat : Jalan Murai 3 H8.19, Bekasi Timur Regensi, Kelurahan
Cimuning, Kecamatan Mustika Jaya, Kota Bekasi,
Provinsi Jawa Barat

Dengan ini menyatakan bahwa, dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka

Bandar Lampung, Juni 2025



[Signature]
Anastasia Sekar Indah Cahyani

2113022067

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Anastasia Sekar Indah Cahyani, dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 28 Oktober 2002, merupakan putri pertama dari pasangan Bapak Petrus Marsidi dan Ibu Veronika Widayati.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Santa Lusia pada tahun 2015, sekolah lanjutan tingkat pertama di SMP Santa Lusia pada tahun 2018, dan sekolah lanjutan tingkat atas di SMA Xaverius Pringsewu pada tahun 2021. Lalu pada tahun yang sama penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika penulis memiliki pengalaman berorganisasi. Penulis menjadi anggota Divisi Kominfo dari Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika pada tahun 2021-2023, Ketua Divisi Media Center ALMAFIKA pada tahun 2024, dan anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Katolik Unila pada tahun 2021-2024. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Balinuraga, Kecamatan Way Panji, Kabupaten Lampung Selatang. Dan melaksanakan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) di SD Negeri 2 Balinuraga.

MOTTO

“Karena masa depan sungguh ada, dan harapanmu tidak akan hilang.”

(Amsal 23: 18)

"Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku."

(Filipi 4: 13)

“Teruslah berdoa dan berusaha, karna Tuhan pasti memberikan yang terbaik.”

(Anastasia Sekar Indah Cahyani)

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur ke hadirat Tuhan, atas berkat dan karunia-Nya, kasih serta rahmat-Nya yang telah diberikan hingga pada akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan penuh rasa syukur, penulis mempersembahkan karya tulis ini sebagai tanda bakti dan kasih sayangku kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Petrus Marsidi dan Ibu Veronika Wijayanti yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kasih sayang, selalu mendoakan dan mendukung, serta memberi segala sesuatu yang terbaik kepada penulis.
2. Saudari terkasih, Roselina Gendhis Awahita yang senantiasa menemani dan memberikan semangat kepada penulis.
3. Sahabat dan teman-teman yang selalu mendampingi dan membantu selama perjalanan dan perjuangan penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
4. Para pendidik yang telah memberikan ilmu dan pengalaman, serta senantiasa memberikan bimbingan terbaik dengan tulus.
5. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
6. Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus, karena berkat kemurahan dan kasih setia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Model PjBL-STEM terintegrasi EDP untuk Meningkatkan Kemampuan *Computational Thinking* Peserta Didik SMA pada Topik Suhu dan Kalor” sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung, sekaligus Pembahas yang selalu memberikan arahan, perhatian, motivasi, dan semangat selama penulis menjadi mahasiswi, serta saran dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini tersusun dengan baik.
5. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. selaku Pembimbing 1, atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi. Terima kasih atas waktu, pemikiran, dan motivasi yang begitu berharga.
6. Bapak Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd. selaku Pembimbing II atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis. Terima kasih atas waktu, pemikiran, dan motivasi yang begitu berharga.

7. Bapak dan Ibu dosen serta Staf Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
8. Bapak Hendra Putra, S.Pd., M.Pd. selaku Kepala Sekolah SMAN 14 Bandar Lampung yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
9. Ibu Icon Herawati, S.Pd. selaku guru mata pelajaran fisika SMAN 14 Bandar Lampung yang telah memberikan bantuan dan masukan kepada penulis selama penelitian.
10. Peserta didik SMAN 14 Bandar Lampung, khususnya kelas XI.6 dan XI.7 yang telah membantu jalannya proses pembelajaran penelitian dengan baik dan lancar.
11. Sahabat tersayang penulis, Atika Yulandari dan Yiksi Hilmalia yang senantiasa menemani, membantu, dan memberi motivasi kepada penulis. Terimakasih atas setiap kebersamaan di masa-masa sulit dalam perkuliahan.
12. Sahabat terkasih penulis sejak masa sekolah, Daviana Widya Maurora Putri, Mardiah Br. Sinuraya, dan Zefanya Awan Bacha yang senantiasa hadir menemani dan memberikan dukungan dalam suka maupun duka sejak pertama kenal hingga saat ini.
13. Sahabat seperjuangan penulis, Diana Puspita, Celine Dian Hutabarat, dan Tamara Januardina Manik yang telah menemani masa perkuliahan menjadi bermakna.
14. Teman-teman seperbimbingan akademik CABA 21, Leovi, Tiara, Rosa, Adelia, Salmah, Nistiyani, Ayuni, Dafa, Nazwa, dan Tikvi.
15. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Fisika angkatan 2021.
16. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada semua pihak yang telah memberikan kebaikan, bantuan, dan dukungan kepada penulis.

Bandar Lampung, Juni 2025

Anastasia Sekar Indah Cahyani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kerangka Teoritis.....	7
2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme	7
2.1.2 Pendekatan STEM.....	7
2.1.3 Model PjBL (<i>Project Based Learning</i>)	10
2.1.4 Model PjBL berbasis STEM	11
2.1.5 <i>Engineering Design Process</i>	14
2.1.6 Kemampuan <i>Computational Thinking</i>	15
2.1.7 Pemetaan Materi Suhu dan Kalor	17
2.2 Kerangka Pemikiran	18
2.3 Hipotesis Penelitian	22
III. METODE PENELITIAN	23
3.1 Pelaksanaan Penelitian	23
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	23
3.3 Variabel Penelitian.....	23
3.4 Desain Penelitian	24
3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	24
3.6 Instrumen Penelitian	26
3.7 Analisis Instrumen Penelitian.....	26
3.8 Teknik Pengumpulan Data.....	28
3.9 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis.....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33

4.1	Hasil Penelitian.....	33
4.2	Pembahasan	42
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA.....	55
	LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Disiplin ilmu pendekatan STEM.....	9
2. Karakteristik PjBL	10
3. Sintaks PjBL-STEM.....	13
4. Tahapan EDP.....	15
5. Indikator Kemampuan Computational Thinking	16
6. Pemetaan Materi.....	17
7. Desain Penelitian <i>Quasi Eksperimental Design</i>	24
8. Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen dan Kontrol	25
9. Nilai <i>N-Gain</i>	29
10. Interpretasi <i>Effect Size</i>	32
11. Data Hasil Uji Validitas.....	33
12. Data Hasil Uji Reliabilitas	34
13. Pelaksanaan Kelas Eksperimen.....	35
14. Tahap pelaksanaan kelas kontrol.....	37
15. Data Kuantitatif.....	38
16. Data Uji <i>N-Gain</i>	38
17. Data Uji Normalitas	39
18. Data uji Homogenitas.....	39
19. Data uji <i>Independent Sample T-Test</i>	40
20. Data Uji <i>Independent Sample T-test</i>	41
21. Data Uji ANCOVA.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Integrasi Model PjBL dan STEM.....	12
2. Bagan Kerangka Pemikiran.....	21
3. Grafik Nilai rata-rata N-Gain.....	42
4. Grafik Ketercapaian Indikator CT	44
5. Tahap research.....	46
6. Desain proyek peserta didik	48
7. Uji Coba Produk.....	49
8. Presentasi Hasil Diskusi.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian Pendahuluan	60
2. Surat Balasan Sekolah Penelitian Pendahuluan	61
3. Instrumen Wawancara	62
4 Surat Izin Penelitian	66
5 Surat Balasan Sekolah Penelitian.....	67
6. Modul Ajar	68
7. Lembar Kerja Peserta Didik.....	81
8. Instrumen Tes	106
9. Rubrik Penilaian Instrumen Tes	112
10. Data Uji Validitas	115
11. Hasil Uji Validitas	116
12. Hasil Uji Reliabilitas	117
13. Hasil Pretest, Posttest, dan N-gain Kelas Eksperimen.....	118
14. Hasil Pretest, Posttest, dan N-gain Kelas Kontrol	119
15. Hasil Uji Statistik	119
16. Dokumentasi	123

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada abad 21 saat ini, seluruh aspek kehidupan mengalami perkembangan yang sangat pesat terutama dalam bidang sains dan teknologi. Sains dan teknologi yang berkembang saat ini tentu tidak terlepas dari peran bidang pendidikan. Pendidikan berperan sangat penting dalam membekali generasi muda dengan keterampilan-keterampilan abad ke-21 yang pada saat ini telah berkembang menjadi kompetensi 6C yang terdiri dari *critical thinking skills*, *creative thinking skills*, *communication skill*, *collaboration skills*, *compassion*, dan *computational thinking* (Sagala *et al.*, 2019). Melalui integrasi teknologi dalam pembelajaran, peserta didik dapat mengembangkan keterampilan tersebut secara efektif dan siap menghadapi perkembangan zaman. Seiring dengan perkembangan teknologi komputer maka *computational thinking* (CT) menjadi topik yang menantang bagi pembelajaran sains (fisika) (Yin *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil studi *Programme for Student Assessment* (PISA) 2022, peserta didik di Indonesia memiliki kemampuan matematika dan sains yang rendah (OECD, 2023). Salah satu faktor penyebab rendahnya tingkat pendidikan di Indonesia ialah kurangnya kemampuan pemecahan masalah peserta didik (Anwar, 2022). Dalam hal ini, CT muncul sebagai salah satu teknik pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Pajow *et al.*, 2024). Teknik pemecahan masalah ini tidak hanya dalam kaitan pemecahan masalah yang menggunakan bantuan komputer, tetapi bagaimana seseorang memecahkan masalah sesuai dengan tahapan-tahapan atau algoritma-algoritma yang diterapkan oleh komputer (Wing, 2006). Teknik

berpikir komputasi sebagai sebuah keterampilan sangat penting dikuasai para peserta didik untuk membantu mereka dan memudahkan peserta didik dalam memecahkan masalah.

Pada kenyataannya yang ditemukan di sekolah menunjukkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik masih tergolong rendah (Asih, 2019). Bahwa ketika peserta didik memecahkan masalah yang diberikan, langkah-langkah pemecahan masalah tidak lengkap dan tidak sistematis serta logis (Supiarmo, 2021). Ketidaklengkapan langkah-langkah pemecahan masalah yang dimaksud seperti tidak menguraikan informasi yang diketahui dan ditanyakan, kesalahan dalam menghitung, dan tidak membuat kesimpulan dari solusi penyelesaian yang ditemukan terhadap masalah tersebut. Kesalahan-kesalahan inilah yang membuat siswa belum mampu mencapai tahap algoritma dalam CT. Untuk mengantisipasi kesalahan-kesalahan tersebut, pendekatan STEM dapat menjadi solusi efektif dalam mencapai tahap algoritma dalam CT (Yin *et al.*, 2019).

Telah banyak penelitian menunjukkan bahwa pendidikan khususnya pada bidang STEM di era modern mulai mengintegrasikan kemampuan CT sebagai bagian dari pengajaran (Tang *et al.*, 2020). Integrasi CT dalam pembelajaran STEM dapat membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah (Abdul Wahab *et al.*, 2021). Peserta didik yang terlibat dalam aktivitas berbasis CT dapat lebih baik dalam menganalisis data, merencanakan, dan menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan proyek STEM. Dengan menggunakan pendekatan berbasis proyek dan pemecahan masalah, siswa lebih termotivasi untuk belajar dan menerapkan konsep-konsep STEM dalam konteks yang relevan dan menarik.

STEM sering kali dipadukan dengan aspek pedagogik lain seperti strategi pembelajaran *Engineering Design Process* (EDP) (Deke *et al.*, 2022). EDP ialah salah satu teknik penerapan pendidikan STEM yang telah

dimanfaatkan oleh banyak pendidik mata pelajaran terkait STEM sebagai sarana untuk menerapkan pembelajaran STEM (Linh & Huong, 2021). Salah satu model pembelajaran yang sesuai dengan strategi EDP dan pendekatan STEM adalah *Project Based Learning* (PjBL). PjBL adalah proses pembelajaran yang memusatkan peserta didik terhadap masalah, sehingga dapat mendorong dan memotivasi peserta didik untuk mempelajari konsep-konsep dan prinsip-prinsip pokok pengetahuan secara langsung sebagai pengalaman nyata (Fitriyah & Ramadani, 2021).

Pembelajaran menggunakan pendekatan STEM dengan strategi EDP serta menggunakan model PjBL memiliki banyak manfaat untuk mengembangkan kemampuan CT peserta didik. Proyek-proyek dalam PjBL seringkali melibatkan masalah-masalah yang membutuhkan penerapan konsep-konsep STEM dan langkah-langkah EDP untuk menyelesaikannya. Peningkatan ini terjadi karena pembelajaran STEM-EDP dengan model PjBL mempengaruhi keterlibatan peserta didik sebagai pusat dari proses pembelajaran atau *student centered*.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa model *Problem Based Learning* dan *Project Based Learning* efektif untuk meningkatkan kemampuan CT (Bertacchini *et al.*, 2022; Lubis *et al.*, 2023; Dewi *et al.*, 2024; Moreno-Palma *et al.*, 2024). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa integrasi *computational thinking* dan STEM dalam pembelajaran meningkatkan partisipasi dan keaktifan peserta didik untuk melatih berpikir komputasional (Tang *et al.*, 2020; Kristiandari, 2023). Meskipun kedua penelitian tersebut memperoleh tujuan yang sama, yaitu sama-sama meningkatkan kemampuan CT, namun penelitian yang dilakukan ini menggunakan strategi yang berbeda. Dengan menggunakan model PjBL-STEM terintegrasi EDP yang diharapkan dapat menjadi solusi dari masalah rendahnya kemampuan CT peserta didik.

Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan guru fisika di SMA Negeri 14 Bandar Lampung ditemukan bahwa pembelajaran fisika dengan menggunakan pendekatan STEM terintegrasi EDP masih jarang dilakukan oleh guru dan ditemukan bahwa dalam pelaksanaan pembelajaran, pencapaian kemampuan *computational thinking* peserta didik belum sesuai dengan yang diharapkan serta kurangnya motivasi peserta didik untuk belajar fisika dalam proses pembelajaran di dalam kelas. Selain itu, peserta didik belum terlibat aktif dalam proses pembelajaran yang mendorong mereka dalam merancang sebuah penyelesaian masalah. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Implementasi Model PjBL-STEM Terintegrasi EDP untuk Meningkatkan Kemampuan *Computational Thinking* Peserta Didik SMA pada Topik Suhu dan Kalor”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah apakah implementasi model PjBL-STEM terintegrasi EDP efektif untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor?”

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan dari penelitian yaitu untuk mendeskripsikan implementasi model PjBL-STEM terintegrasi EDP untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak, diantaranya:

1. Bagi peneliti, hasil dari penelitian ini dapat menambah pengetahuan terkait dengan implementasi model PjBL-STEM terintegrasi EDP untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.
2. Bagi guru, penelitian ini dapat memberikan informasi terkait dengan implementasi model PjBL-STEM terintegrasi EDP untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.
3. Bagi mahasiswa, penelitian terkait dengan implementasi model PjBL-STEM terintegrasi EDP untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.

1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, peneliti membatasi masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 14 Bandar Lampung.
2. Penelitian ini menggunakan model pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEM menurut Laboy Rush (2010) dengan sintaks *Reflection, Research, Discovery, Application*, dan *Communication*.
3. Penelitian ini menggunakan strategi pembelajaran EDP menurut Morgan et al., (2013) dengan lima tahapan: *Identify Problem and Constraint, Research, Ideate, Analyze Ideas, Build*, serta *Test and Refine*.
4. Penelitian ini berfokus untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA menggunakan indikator CT menurut Wing

(2011) dengan lima indikator: *abstraction*, *algorithms*, *problem decomposition*, *automation*, dan *generalization*.

5. Materi yang disajikan dalam penelitian ini adalah materi Suhu dan Kalor kelas XI semester 2 pada Fase F.
6. Keefektifan penelitian diuji menggunakan Effect Size pada ANCOVA dengan interpretasi $\mu^2 \geq 0,140$ besar, $0,06 \leq \mu^2 < 0,140$ sedang, dan $0,01 \leq \mu^2 < 0,06$ kecil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teoritis

2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme

Konstruktivisme merupakan teori belajar yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memanfaatkan strateginya sendiri dalam belajar dan merupakan teori belajar kognitif. Peserta didik yang terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran tidak hanya memperoleh pengetahuan saja, tetapi juga menambah pengetahuan melalui interaksi secara sosial (Vygotsky, L.S., 1962). Pembentukan ini harus dilakukan individu yang belajar. Peserta didik harus aktif melakukan kegiatan, aktif berpikir, menyusun konsep dan memberi makna tentang hal yang dipelajari (Abdiyah & Subiyantoro, 2021). Teori ini menekankan siswa membangun sendiri pengetahuan berdasarkan pengalaman. Dengan kata lain, teori belajar konstruktivistik membutuhkan partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajarannya. Peserta didik yang aktif dalam pembelajaran akan aktif juga berinteraksi dengan lingkungannya dan melibatkan proses eksplorasi, eksperimen serta penyesuaian mental (Piaget, J. 1953).

2.1.2 Pendekatan STEM

Pendidikan STEM, pendidikan dalam bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika. Tujuannya adalah untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang cara kerja berbagai hal dan memperbaiki penggunaan teknologi (Bybee, 2010). Selain itu, pendidikan STEM diharapkan

dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang penting, seperti komunikasi kompleks, pemecahan masalah non-rutinitas, dan pemikiran sistem. Pendekatan STEM yang diterapkan dalam proses pembelajaran tematik integratif yang dinilai efektif dan praktis dikarenakan pendekatan ini menggabungkan empat bidang dalam pendidikan yaitu ilmu sains, teknologi, teknik, dan matematika (Sukmana, 2018).

Penerapan pendekatan STEM di kelas dapat melatih peserta didik memiliki keterampilan yang sistematis dan konsep yang baik (Afriana dkk., 2016). Menurut Sukmana (2017) pendekatan STEM dapat membuat peserta didik memahami konsep sains dan mengaitkannya dalam kehidupan nyata. Pernyataan tersebut dipertegas oleh Astuti dkk., (2019) yang menyatakan peserta didik yang sudah terbiasa mengintegrasikan proses pembelajaran dengan masalah sehari-hari dengan STEM dapat membantu peserta didik berpikir secara kritis, logis, dan sistematis. Pendekatan STEM mampu melatih peserta didik dalam memecahkan masalah menjadi lebih baik, inovator, inventors, mandiri, pemikir logis, dan literasi teknologi (Afriana dkk., 2016).

Menurut Mau'izhah dkk., (2021) dalam pembelajaran STEM, peserta didik dapat memecahkan masalah kehidupan nyata yang lebih baik, jika pembelajaran yang diterapkan dan dirancang dengan tepat. Adanya pendekatan STEM ini peserta didik mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi masalah dunia nyata (*real-world problem*) yang baik untuk mengilustrasikan konsep yang divisualisasikan. Terdapat definisi empat disiplin ilmu pendekatan STEM menurut Asmuniv (2015) dapat dilihat Tabel 1.

Tabel 1. Disiplin ilmu pendekatan STEM

STEM (1)	Definisi (2)
<i>Science</i>	Kecakapan dalam menggunakan pengetahuan dan proses ilmiah untuk memahami dunia beserta alam dan kecakapan dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya.
<i>Technology</i>	Kemampuan dalam bagaimana menggunakan berbagai teknologi, belajar mengembangkan teknologi yang baru, dan menganalisis teknologi sehingga dapat mempengaruhi pemikiran peserta didik.
<i>Engineering</i>	Kemampuan dalam mengimplementasikan pengetahuan dan teknologi dengan proses desain pelajaran yang lebih kreatif dan inovatif berbasis proyek dengan mengintegrasikan dari beberapa materi yang berbeda (interdisipliner)
<i>Mathematics</i>	Kecakapan dalam menganalisis dan menyampaikan gagasan, rumusan, menyelesaikan masalah secara matematik dalam pengaplikasiannya.

(Asmuniv, 2015)

Melalui pembelajaran STEM jika diterapkan dengan baik dan didesain dalam pembelajaran yang tepat, siswa lebih mampu memecahkan masalah dunia nyata (Buckner & Boyd, 2015). Siswa dapat mempelajari proses desain teknik, dimana mereka mengidentifikasi dan mendefinisikan masalah, melakukan penelitian, mengembangkan beberapa ide untuk solusi dan sampai pada satu ide yang mereka desain prototipenya. Siswa kemudian dapat menguji prototipe, merenungkan dan mengevaluasi desain, dan mendesain ulang untuk melakukan perbaikan. Melalui proses ini, siswa juga dapat belajar untuk melakukan eksplorasi terbuka dan penyelidikan langsung, menjadikan ini bagian alami dari pembelajaran mereka, dan yang paling penting, mereka dapat terlibat dalam pembelajaran yang lebih mendalam, untuk mengembangkan pola pikir untuk selalu berkembang dimana "kegagalan" dianggap sebagai langkah positif menuju perbaikan dan solusi yang lebih baik.

2.1.3 Model PjBL (*Project Based Learning*)

Model PjBL sebagai model pembelajaran yang komprehensif melibatkan peserta didik dalam kegiatan penelitian kolaboratif dan berkelanjutan. Peserta didik melakukan sendiri penyelidikannya bersama kelompoknya, sehingga memungkinkan peserta didik dalam kelompok untuk mengembangkan keterampilan dalam melakukan penelitian yang akan bermanfaat bagi pengembangan akademik. Peserta didik merancang, memecahkan masalah, melakukan pengambilan keputusan, dan melakukan aktivitas penyelidikan dengan cara membuat proyek.

PjBL merupakan model pembelajaran yang membantu peserta didik mengeksplorasi, mengevaluasi, menafsirkan, mensintesis, dan mengumpulkan informasi dari beragam sumber untuk menghasilkan produk yang kreatif. Pembelajaran ini menggunakan pendekatan dunia nyata terhadap masalah sebagai bahan untuk belajar tentang kreativitas dan pemecahan masalah. PjBL dapat berpengaruh positif terhadap kemampuan yang dibutuhkan untuk kehidupan abad 21, salah satunya yaitu kemampuan berpikir kritis. Karakteristik PjBL dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik PjBL

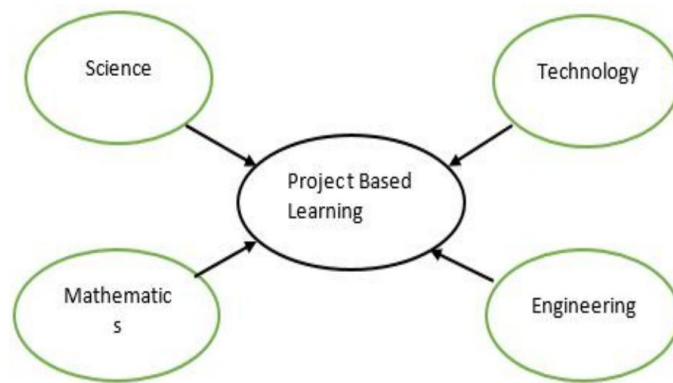
No (1)	Karakteristik (2)
1	Peserta didik membuat keputusan tentang suatu kerangka kerja
2	Peserta didik dihadapkan pada permasalahan atau tantangan
3	Peserta didik merancang proses untuk mengidentifikasi solusi dari masalah atau tantangan yang diajukan
4	Peserta didik memiliki tanggung jawab untuk berkolaborasi dalam mengakses dan mengelola informasi untuk memecahkan masalah
5	Proses evaluasi dilakukan secara kontinyu
6	Peserta didik secara berkala merefleksikan kegiatan yang telah dilakukan
7	Produk akhir dari kegiatan pembelajaran akan dievaluasi secara kualitatif
8	Situasi pembelajaran sangat toleran terhadap kesalahan dan perubahan

(Saenab *et al.*, 2019)

Model pembelajaran berbasis proyek dinilai sebagai salah satu model pembelajaran yang sangat baik dalam mengembangkan berbagai keterampilan dasar yang harus dimiliki peserta didik, seperti keterampilan mengambil keputusan, kemampuan kreativitas, dan kemampuan memecahkan masalah.

2.1.4 Model PjBL berbasis STEM

Model *Project Based Learning* berbasis STEM adalah suatu model pembelajaran yang membentuk peserta didik dalam suatu kelompok untuk menyelesaikan suatu proyek dimana proyek tersebut mengintegrasikan sains, teknologi, engineering, dan matematika (Erlinawati *et al.*, 2019). *Project Based Learning* dan STEM memiliki kelebihan dan kekurangan yang saling melengkapi. Pada *Project Based Learning* peserta didik memahami konsep dengan membuat produk, sedangkan pada pembelajaran STEM terjadi proses perancangan dan *redesign (engineering design proses)* sehingga dapat menciptakan produk terbaik (Elva dan Irawati, 2021). Karakteristik PjBL-STEM lebih menekankan pada proses desain. Proses desain merupakan pendekatan sistematis untuk mengembangkan solusi dari permasalahan dengan hasil yang jelas (Capraro *et al.*, 2013). Strategi PjBL-STEM pada pembelajarannya, peserta didik dihadapkan pada sebuah proyek secara langsung, dimana peserta didik mengaitkan setiap konten materi muatan STEM dalam menunjang keberhasilan pengerjaan proyek. Dengan menerapkan strategi ini dapat menumbuhkan kreatifitas peserta didik dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi (Amri dkk., 2020). Berikut merupakan gambar pengintegrasian PjBL dan STEM.



Gambar 1. Integrasi Model PjBL dan STEM
Sumber: Amri, dkk. 2020.

Gambar 1, menunjukkan bahwa STEM dalam PjBL merupakan pendekatan yang menintegrasikan empat disiplin ilmu STEM dengan PjBL. STEM merupakan suatu pendekatan pembelajaran secara integrasi antara pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika untuk mengembangkan kreatifitas peserta didik dengan berorientasi pada kehidupan sehari-hari (Amri dkk., 2020).

Penggunaan PjBL-STEM ini dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dalam pembelajaran fisika (Samsudin dkk., 2018). Menggabungkan STEM dengan PjBL akan membuat peserta didik terlibat secara maksimal dalam proses pembelajarannya, karena PjBL-STEM menekankan pada perancangan dan pengembangan suatu proyek yang mengharuskan peserta didik menjalani setiap proses dari STEM itu sendiri (Samsudin dkk., 2020). Berikut merupakan sintaks dalam model PjBL-STEM yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Sintaks PjBL-STEM

PjBL-STEM	Langkah-langkah
<i>Reflection</i>	Membawa peserta didik ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik agar dapat segera mulai menyelidiki atau menginvestigasi suatu masalah.
<i>Research</i>	Seorang guru memberikan pembelajaran sains, memilih referensi bacaan terkait materi untuk mengumpulkan sumber informasi yang relevan sesuai dengan pembelajaran.
<i>Discovery</i>	Penemuan yang melibatkan proses <i>research</i> dan informasi yang diketahui dalam penyusunan <i>project</i> dapat membuat peserta didik belajar mandiri dan menentukan apa yang masih belum diketahui, mengembangkan kemampuan peserta didik dalam membangun <i>habit of mind</i> dari proses merancang atau mendesain suatu <i>project</i> .
<i>Application</i>	Menguji produk/solusi untuk memecahkan masalah, menguji produk yang telah dibuat dari ketentuan yang ditetapkan sebelumnya, hasil yang diperoleh dievaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya.
<i>Communication</i>	Mempresentasikan hasil <i>project</i> yang telah dirancang, hal ini mampu menambah keterampilan komunikasi serta kolaborasi agar dapat menerima umpan balik.

(Laboy Rush, 2011)

Sintaks PjBL terintegrasi STEM yang telah dijabarkan sangat tepat diterapkan dalam pembelajaran karena mampu berpengaruh terhadap interaksi peserta didik dengan lingkungannya. Model pembelajaran ini memiliki kelebihan untuk meningkatkan aktivitas belajar peserta didik, karena menuntut peserta didik untuk aktif menyelesaikan suatu proyek dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Astuti *et al.*, 2019). Sejalan dengan apa yang disampaikan oleh Tseng *et al* (2013) dalam penelitiannya, Model PjBL-STEM dapat meningkatkan kefetifan belajar dan membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna serta mempengaruhi sikap peserta didik dalam mengambil keputusan dan menyelesaikan masalah dalam kehidupan nyata.

2.1.5 *Engineering Design Process*

Engineering Design Process (EDP) dapat diintegrasikan dalam kurikulum yang memanfaatkan permasalahan sehari – hari yang dihadapi peserta didik di sekolah (Lottero-Perdue *et al.*, 2016). Peserta didik akan mengajukan pertanyaan, bertukar ide, merencanakan, membuat serta menguji rencana, dan menyempurnakan desain. Apabila langkah-langkah ini sudah diikuti, maka peserta didik terlibat kedalam proses pemecahan masalah dan berpikir kritis yang merupakan bagian inti dari EDP (Isabelle *et al.*, 2021).

Penggunaan STEM sangat sesuai dengan penggunaan (EDP) sebagai bagian dari pengalaman belajar peserta didik. Dengan menggunakan konsep STEM terintegrasi EDP, guru secara kreatif dan kolaboratif menemukan inovasi untuk mengelola proses dan tujuan pembelajaran (Nurtanto *et al.*, 2020).

STEM-EDP mengintegrasikan disiplin ilmu, yang memungkinkan peserta didik dapat melihat hubungan dari teori dan praktik. Selain itu, penggunaan EDP juga dapat membuat peserta didik menerapkan STEM kedalam sebuah proyek nyata (Nurtanto *et al.*, 2020). EDP tidak hanya menghasilkan konsep yang abstrak tetapi menerapkan kemampuan design kepada peserta didik melalui pendekatan masalah dan konsep dasar. EDP mengarahkan peserta didik untuk dapat mengidentifikasi masalah, mencari solusi, serta mengembangkan produk (Abdurrahman *et al.*, 2023). Selain itu, EDP dapat membangun pengetahuan peserta didik. Oleh karena itu, EDP memiliki peranan penting dalam pembelajaran pendidikan Kurikulum Merdeka Belajar untuk membantu peserta didik dalam menyelesaikan suatu masalah melalui konsep kehidupan sehari – hari. Pada umumnya, EDP mendorong pembelajaran yang kolaboratif dengan menciptakan pembelajaran secara

berkelompok sehingga peserta didik dapat bekerja bersama untuk menyelesaikan masalah. Berikut ini merupakan tahapan dalam EDP.

Tabel 4. Tahapan EDP

Tahapan EDP	Keterangan
<i>Identify Problem and Constraint Research</i>	Mengidentifikasi masalah beserta batas-batasannya
<i>Ideate</i>	Melakukan riset (penelitian) untuk memperoleh informasi mengenai alternatif solusi yang akan dibuat
<i>Analyze Ideas</i>	Mengembangkan suatu ide melalui informasi yang telah diperoleh pada tahap research
<i>Build</i>	Menganalisis suatu ide yang telah didapat. Selanjutnya, ide yang telah dianalisis dirancang berupa suatu produk yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah.
<i>Test and Refine</i>	Produk yang telah direncanakan sebelumnya akan dibuat pada tahap ini
<i>Communicate and Reflect</i>	Produk yang telah dibuat selanjutnya akan melalui tahap uji coba dan memperbaikinya apabila terdapat hal yang perlu diperbaiki
	Langkah terakhir adalah mengkomunikasikan produk yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya.

(Morgan *et al.*, 2013)

Dalam implementasi STEM-EDP guru memiliki peran sebagai fasilitator yang mendukung peserta didik dalam memecahkan masalah sehingga peserta didik berperan aktif dalam pembelajaran yang berlangsung.

2.1.6 Kemampuan *Computational Thinking*

Cahdriyana & Richardo (2020) menyatakan bahwa *computational thinking* atau berpikir komputasional adalah cara berpikir untuk memecahkan masalah dengan cara merumuskan masalah komputasi dan menyusun solusi dengan algoritma. Pada tahun 2006, Wing mengenalkan istilah *computational thinking* yang melibatkan kemampuan memecahkan masalah, mendesain sistem, dan memahami perilaku manusia dengan menggambarkan konsep dasarnya ke *computer science*. Menurut, *computational thinking* terdiri dari

berbagai *mental tools* yang mencerminkan luasnya bidang *computer science*. *Computational thinking* merupakan proses berpikir yang diperlukan dalam memformulasikan masalah dan solusinya, sehingga solusi tersebut dapat menjadi agen pemroses informasi yang efektif dalam menyelesaikan masalah (Wing, 2010).

Adapun menurut (Wing, 2011) terdapat lima indikator kemampuan *computational thinking* sebagai komponen yang akan digunakan peneliti sebagai bentuk analisis lebih lanjut. Lima komponen indikator dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Indikator Kemampuan Computational Thinking

Indikator Kemampuan <i>Computational Thinking</i>	Keterangan
<i>Abstraction</i>	Abstraksi adalah proses perancangan representasi dari masalah umum menjadi lebih mudah dipahami melalui pengurangan detail dan jumlah variabel yang tidak perlu, karena itu mengarah ke solusi yang lebih mudah.
<i>Algorithms</i>	Berpikir algoritma adalah proses penyusunan skema berurutan untuk memberikan solusi dari masalah-masalah konstituen yang diperlukan memecahkan masalah asli.
<i>Problem Decomposition</i>	Dekomposisi permasalahan adalah metode memecahkan suatu masalah yang kompleks menjadi sub-masalah yang sederhana agar dapat mudah dipahami.
<i>Automation</i>	Otomasi adalah cara berpikir algoritma yang terbentuk berdasarkan komputasi dan teknologi agar diterapkan secara efisien untuk masalah lain.
<i>Generalization</i>	Generalisasi adalah proses merumuskan solusi atau algoritma yang diformulasikan ke dalam istilah umum guna memecahkan masalah, bahkan jika variabel yang terlibat berbeda.

(Wing, 2011)

Berdasarkan pemaparan mengenai kemampuan *computational thinking*, dapat dikatakan bahwa kemampuan ini merupakan keterampilan esensial dalam pendidikan abad ke-21, yang menekankan pada pengembangan kemampuan berpikir logis, analitis, dan sistematis peserta didik. *Computational thinking* mencakup berbagai aspek seperti dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma, yang

memungkinkan peserta didik untuk menyelesaikan masalah secara efisien dan terstruktur. Melalui pembelajaran berbasis proyek atau pemecahan masalah, kemampuan ini membantu peserta didik memahami cara berpikir komputasional yang tidak hanya berguna dalam bidang teknologi, tetapi juga dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, *Computational Thinking* menjadi fondasi penting dalam pendidikan untuk membentuk individu yang adaptif, solutif, dan berpikir kritis.

2.1.7 Pemetaan Materi Suhu dan Kalor

Penelitian ini menggunakan materi interferensi dan difraksi cahaya sehingga capaian pembelajaran yang akan dituju adalah menganalisis serta menyajikan pemecahan masalah pada fenomena-fenomena terkait interferensi dan difraksi cahaya. Berikut pemetaan materi yang akan digunakan pada penelitian ini.

Tabel 6. Pemetaan Materi

Tahapan STEM (1)	Keterangan (2)
<i>Science</i>	a. Faktual: Peranan Suhu dan Kalor dalam kehidupan sehari-hari b. Konseptual: Pengaruh cara kerja Suhu dan Kalor c. Prosedural: Membuat alat peraga kapal uap sederhana
<i>Technology</i>	a. Penggunaan internet untuk mencari informasi kalor
<i>Engineering</i>	b. Merancang desain sederhana. a. Membuat produk sederhana. b. Memecahkan masalah dengan mencari solusi yang berkenaan dengan teknologi Suhu dan Kalor
<i>Mathematics</i>	Pengukuran suhu suatu zat, massa, serta kalor dalam pembelajaran.

Penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran suhu dan kalor memberikan pengalaman belajar yang utuh dan kontekstual bagi peserta didik. Dalam dimensi sains, peserta didik diajak untuk memahami berbagai konsep ilmiah yang berkaitan dengan suhu dan kalor, mulai dari fakta-fakta yang mereka jumpai sehari-hari hingga pemahaman

yang lebih mendalam tentang mekanisme perpindahan kalor. Proses ini dilengkapi dengan eksperimen untuk melatih keterampilan observasi dan berpikir ilmiah. Pada aspek teknologi, peserta didik mulai memanfaatkan alat dan sumber informasi digital untuk menunjang proses belajarnya, serta belajar membuat alat peraga yang menunjukkan pemanfaatan kalor dalam kehidupan. Aspek rekayasa atau engineering menantang peserta didik untuk merancang dan membangun solusi sederhana terhadap masalah yang berkaitan dengan suhu dan kalor, seperti menciptakan model alat yang bekerja berdasarkan prinsip kalor. Sementara itu, dalam ranah matematika, peserta didik belajar mengukur, menghitung, dan menganalisis data numerik yang diperoleh dari eksperimen, seperti perubahan suhu, massa benda, dan besarnya kalor. Dengan integrasi keempat komponen ini, pembelajaran tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga membentuk cara berpikir kritis, kreatif, dan terapan yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan nyata.

2.2 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan latar belakang masalah dan kerangka teoritis yang telah dikemukakan bahwa kemampuan *computational thinking* merupakan salah satu keterampilan yang sangat penting di abad ke-21 yang dapat diciptakan melalui kegiatan pembelajaran yang dapat meningkatkan minat dan motivasi peserta didik. Para guru diharapkan dapat menggunakan model pembelajaran yang bervariasi untuk dapat meningkatkan kemampuan *computational thinking*. Namun, pada kenyataannya kemampuan *computational thinking* ditemukan di sekolah masih tergolong rendah. Bahwa ketika peserta didik memecahkan masalah yang diberikan, langkah-langkah pemecahan masalah tidak lengkap dan tidak sistematis serta logis karena kurangnya minat dan motivasi peserta didik khususnya pada pembelajaran fisika. Kemampuan peserta didik rendah juga karena

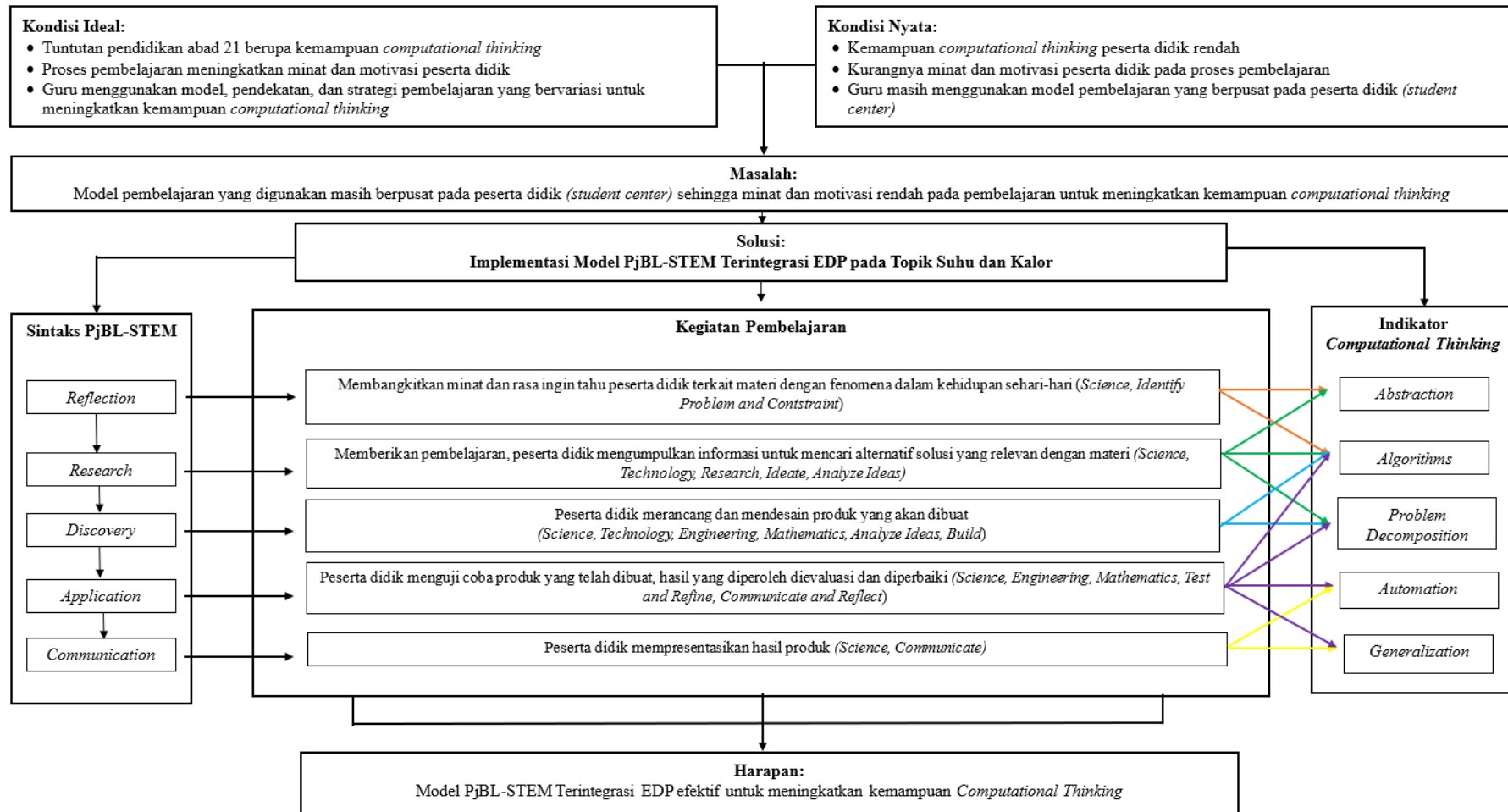
guru masih menggunakan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student center*).

Upaya untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* adalah dengan menerapkan model PjBL-STEM yang dapat meningkatkan minat dan motivasi peserta didik, membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah. Pembelajaran aktif melalui model PjBL-STEM dapat menghasilkan pemahaman terhadap konsep yang lebih baik dibandingkan dengan pembelajaran *student center*, peserta didik hanya duduk dan mendengarkan penjelasan guru tanpa menemukan pengetahuan mereka melalui eksperimen langsung. Dengan strategi EDP peserta didik dapat mengidentifikasi masalah, mencari solusi, serta mengembangkan produk dengan membuat proyek sederhana, sehingga melalui penerapan model PjBL-STEM terintegrasi EDP, peserta didik akan menjadi lebih aktif dan terlibat langsung dalam proses pembelajaran.

Peserta didik akan disajikan masalah mengenai fenomena yang berkaitan dengan materi pembelajaran dengan berbagai media sesuai dengan gaya belajarnya. Peserta didik menggunakan indikator berpikir abstraksi yang merepresentasikan masalah umum menjadi lebih mudah dipahami untuk menemukan solusi yang lebih mudah (*discovery*) ditekankan melalui proses penemuan yang melibatkan proses *research*. Mengembangkan kemampuan mereka berpikir algoritma untuk memecahkan solusi dan dekomposisi masalah menjadi sub-masalah agar dapat mudah dipahami. Sehingga peserta didik akan dituntut untuk berpikir otomasi agar dapat merancang atau mendesain suatu *project*, mereka akan terdorong untuk menggunakan keterampilannya mengatur taktik dan strategi.

Peserta didik menghubungkan data dari proses pemecahan masalah dengan teori yang ada pada tahap mengembangkan hasil *project*. Teori yang diperoleh harus dipahami dan dijelaskan sampai terbentuk sebuah teori dan argumen yang relevan, sehingga mengarahkan peserta didik untuk

memberikan penjelasan lebih lanjut, menguji coba produk dan mengevaluasi perhitungan yang telah dilakukan, yang akan diperbaiki untuk mencapai hasil yang sempurna, kemudian hasil kerjanya tersebut disampaikan ke depan kelas. Sehingga diharapkan model PjBL-STEM terintegrasi EDP efektif untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking*. Berikut ini gambar kerangka pikiran secara ringkas pada Gambar 2



Gambar 2. Bagan Kerangka Pemikiran

2.3 Hipotesis Penelitian

Rumusan hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Model pembelajaran PjBL-STEM terintegrasi EDP tidak efektif untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.

H_1 : Model pembelajaran PjBL-STEM terintegrasi EDP efektif untuk meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 di SMA Negeri 14 Bandar Lampung yang beralamat di Bukit Kemiling Permai, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA Negeri 14 Bandar Lampung pada semester genap 2024/2025. Sampel penelitian ini diambil dari dua kelas yang digunakan sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* ditentukan dari kelas yang memiliki kemampuan rata-rata yang sama. Sampel yang digunakan adalah peserta didik kelas XI-6 sebagai kelas eksperimen dan XI-7 sebagai kelas kontrol.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian yang digunakan yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (X) dalam penelitian ini yaitu model PjBL-STEM terintegrasi EDP dan variabel terikat (Y) dalam penelitian ini yaitu meningkatkan kemampuan *computational thinking*.

3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian *Quasi Eksperimental Designs* dengan jenis *Non-Equivalent Control Group Design* untuk mengukur kemampuan *Computational Thinking*. Pada desain ini terdapat dua kelompok subjek, dimana satu kelompok diberi perlakuan (kelas eksperimen) dan satu kelompok lainnya sebagai kelompok kontrol (kelas kontrol). Kelas eksperimen akan menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM terintegrasi EDP, sedangkan kelas kontrol menggunakan model pembelajaran *Case Method*. Tabel 7 merupakan gambaran desain penelitian yang akan digunakan.

Tabel 7. Desain Penelitian *Quasi Eksperimental Design*

Kelas	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

(Creswell, 2018)

Keterangan:

O₁ : *Pretest* kelas eksperimen

O₂ : *Posttest* kelas eksperimen

O₃ : *Pretest* kelas kontrol

O₄ : *Posttest* kelas eksperimen

X₁ : Perlakuan model PjBL-STEM terintegrasi EDP

X₂ : Perlakuan model *Case Method*

3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian yang dilakukan yaitu melalui beberapa tahap sebagai berikut.

1. Tahap persiapan penelitian

Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah:

- a. Peneliti mengurus perizinan penelitian pendahuluan di SMAN 14 Bandar Lampung.
 - b. Peneliti melakukan penelitian pendahuluan berupa wawancara dengan guru fisika SMAN 14 Bandar Lampung.
 - c. Peneliti melakukan penentuan sampel penelitian.
 - d. Peneliti mengkaji teori sesuai dengan judul penelitian yang akan dilakukan.
 - e. Peneliti mempersiapkan instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang akan digunakan pada saat pelaksanaan penelitian.
2. Tahap pelaksanaan
- Kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan adalah:

Tabel 8 Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen dan Kontrol

Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
a. Mengukur kemampuan <i>computational thinking</i> awal peserta didik dengan memberikan <i>pretest</i> .	a. Mengukur kemampuan <i>computational thinking</i> awal peserta didik dengan memberikan <i>pretest</i> .
b. Melakukan kegiatan pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM terintegrasi EDP.	b. Melakukan kegiatan pembelajaran menggunakan model <i>case method</i> .
c. Memberikan <i>posttest</i> kepada peserta didik untuk mengukur kemampuan <i>computational thinking</i> setelah kegiatan pembelajaran selesai.	c. Memberikan <i>posttest</i> kepada peserta didik untuk mengukur kemampuan <i>computational thinking</i> setelah kegiatan pembelajaran selesai.

3. Tahap Akhir
- Kegiatan yang dilakukan pada tahap akhir adalah:
- a. Peneliti menganalisis data hasil *pretest* dan *posttest* serta instrumen pendukung lainnya.
 - b. Peneliti membuat pembahasan dari hasil analisis data untuk menjelaskan hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

- c. Peneliti menarik kesimpulan berdasarkan pembahasan hasil yang diperoleh melalui analisis data.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat untuk mengumpulkan informasi tentang data penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Instrumen Perangkat Pembelajaran

a. Modul Ajar

Modul ajar merupakan suatu perangkat pembelajaran yang digunakan oleh guru pada kurikulum merdeka belajar sebagai acuan untuk melaksanakan pembelajaran.

b. LKPD

LKPD merupakan suatu bahan ajar yang digunakan guru untuk mendukung peserta didik dalam memahami materi yang diberikan.

2. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa instrumen tes *computational thinking*. Soal tes digunakan pada saat *pretest* dan *posttest* dengan bentuk soal uraian dengan berlandaskan pada 5 indikator kemampuan *computational thinking*, yaitu *abstraction*, *algorithms*, *problem decomposition*, *automation*, dan *generalization*.

3.7 Analisis Instrumen Penelitian

Sebelum instrumen digunakan dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol, pengujian instrumen harus dilakukan terlebih dahulu dengan uji validitas dan uji reliabilitas dengan menggunakan program *IBM SPSS Statistics*

3.7.1 Uji Validitas Instrumen

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kevalidan dari instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data. Uji validitas instrumen tes dapat menggunakan *pearson correlation*. Instrumen akan dikatakan valid apabila $r_{hitung} \geq r_{tabel}$. Akan tetapi, jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka instrumen dikatakan tidak valid. (Sugiyono, 2013)

Selain itu, dasar pengambilan keputusan dalam uji validitas instrumen yaitu:

1. Apabila nilai signifikan ($\alpha < 0,05$), dengan *pearson correlation* positif, maka instrumen tersebut valid.
2. Apabila nilai signifikan ($\alpha < 0,05$), dengan *pearson correlation* negatif, maka instrumen tersebut tidak valid.
3. Apabila nilai signifikan ($\alpha > 0,05$), maka instrumen tersebut valid.

3.7.2 Uji Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas menunjukkan pada suatu pengertian bahwa instrumen cukup dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data karena instrumen tersebut sudah baik. Uji reliabilitas dilakukan dengan membandingkan nilai *cronbach's alpha* dengan tingkat atau taraf signifikan yang digunakan. Kriteria pengujiannya, yaitu:

- a. Jika nilai *cronbach's alpha* $> 0,60$, maka instrumen dikatakan reliabel.
- b. Jika nilai *cronbach's alpha* $< 0,60$, maka instrumen dikatakan tidak reliabel.

3.8 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik tes. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik. *Pretest* diberikan kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol sebelum kegiatan pembelajaran dilaksanakan, sedangkan *posttest* diberikan kepada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah kegiatan pembelajaran dilaksanakan. Berdasarkan nilai *pretest* dan *posttest* selanjutnya akan diperoleh rata-rata nilai *N-Gain*. Tes yang diberikan bertujuan untuk mengetahui kemampuan berpikir komputasi peserta didik menggunakan pembelajaran PjBL-STEM terintegrasi EDP pada kelas eksperimen dan *Direct Instruction* pada kelas kontrol. Soal tes yang diberikan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol sama. Persentase jawaban peserta didik dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$NP = \frac{R}{SM} \times 100\%$$

Keterangan:

NP = Persentase jawaban peserta didik

R = Skor yang diperoleh peserta didik

SM = Skor maksimal

Hasil persentase dari jawaban peserta didik dapat diinterpretasikan sebagai berikut.

≥ 80 = baik sekali

66 – 79 = baik

56 – 65 = cukup baik

40 – 45 = kurang

≤ 40 = kurang sekali

3.9 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

3.9.1 Analisis Data

1. Menghitung *N-Gain*

Menghitung *N-Gain* atau *Normalized Gain* adalah selisih antara kemampuan awal dan kemampuan akhir peserta didik setelah perlakuan. *N-Gain* didapatkan dengan pengurangan skor tes awal dengan skor tes akhir dibagi skor maksimum dikurang skor tes awal. Rumus dapat dilihat sebagai berikut.

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$$

Keterangan:

g = *N-Gain*

S_{post} = Skor posttest

S_{pre} = Skor pretest

S_{max} = Skor maksimum

Hasil perolehan nilai dari perhitungan *N-Gain* menurut dapat diinterpretasikan ke dalam tabel 9 berikut.

Tabel 9. Nilai *N-Gain*

Nilai <i>N-Gain</i>	Kategori
$0,7 \leq N - Gain$	Tinggi
$0,3 \leq N - Gain \leq 0,7$	Sedang
$N - Gain \leq 0,3$	Rendah

(Hake, 2002)

2. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui suatu sampel penelitian berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji statistik non-parametrik yaitu kolmogorov-smirnov dengan ketentuan sebagai berikut.

H_0 : Data berdistribusi secara normal

H_1 : Data tidak berdistribusi secara normal

Dengan dasar pengambilan keputusan yaitu:

1. Apabila nilai sig. atau signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima atau data berdistribusi secara normal.
2. Apabila nilai sig. atau signifikansi $< 0,05$ maka H_1 diterima atau data tidak berdistribusi secara normal.

(Setiawan *et al.*, 2020)

3. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kehomogenan dari sample yang diberikan pada penelitian ini.

Dasar pengambilan keputusan dalam pengujian ini yaitu:

- a. Apabila nilai sig. atau nilai signifikansi $< 0,05$ maka sampel tidak homogen.
- b. Apabila nilai sig. atau nilai signifikansi $> 0,05$ maka sampel homogen.

(Joko Widiyanto, 2010)

3.9.2 Pengujian Hipotesis

1. Uji *Independent Sample T-Test*

Uji Independent Sample T-Test adalah analisis statistik yang memiliki tujuan yaitu membandingkan dua sampel yang tidak saling berpasangan. Uji dapat dilakukan jika data berdistribusi normal. Uji ini digunakan untuk melihat apakah pada kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan kemampuan *computational thinking* peserta didik.

Hipotesis yang akan diujikan, yaitu:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata N-Gain kemampuan *computational thinking* peserta didik pada pembelajaran menggunakan PjBL-STEM terintegrasi EDP dibandingkan peserta didik yang diajarkan dengan menggunakan *Direct Instruction* dengan pendekatan *scientific approach*.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata N-Gain kemampuan *computational thinking* peserta didik pada pembelajaran menggunakan PjBL-STEM terintegrasi EDP dibandingkan peserta didik yang diajarkan dengan menggunakan *Direct Instruction* dengan pendekatan *scientific approach*

Dasar pengambilan keputusan dalam uji *Independent Sample T-Test* adalah:

Jika nilai Sig. $\leq \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak, dan diterima jika nilai Sig. $> \alpha = 0,05$

2. Uji ANCOVA dan *Effect Size*

Analisis ANCOVA digunakan untuk mengevaluasi pengaruh suatu perlakuan terhadap variabel terikat dengan mengendalikan pengaruh variabel lain yang berpotensi memengaruhi hasil penelitian. Sedangkan, Uji *Effect Size* digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh keefektifan dari model pembelajaran yang telah digunakan dan diterapkan dari suatu variabel dengan variabel lainnya dalam suatu penelitian. Uji *Effect Size* dapat dilakukan dengan ANCOVA, teknik statistik gabungan antara analisis regresi dengan analisis variasi yang digunakan untuk melihat bagaimana pengaruh perlakuan terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain.

Syarat data untuk melakukan uji ANCOVA, yaitu: data berdistribusi normal, variansi data dari kedua grup adalah homogen, uji homogenitas regresi, dan uji linearitas.

Hipotesis yang akan diujikan dengan ANCOVA, yaitu:

H_0 : Model PjBL-STEM terintegrasi EDP tidak efektif dalam meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.

H_1 : Model PjBL-STEM terintegrasi EDP efektif dalam meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik SMA pada topik Suhu dan Kalor.

Kriteria uji ANCOVA menurut (Suyatna, 2017)

1. Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak
2. Nilai sig. atau probabilitas > 0.05 , maka H_1 diterima

Adapun hasil perhitungan *Effect Size* diinterpretasikan seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Interpretasi *Effect Size*

Nilai <i>Effect Size</i>	Interpretasi
$\mu^2 \geq 0,140$	Besar
$0,06 \leq \mu^2 < 0,140$	Sedang
$0,01 \leq \mu^2 < 0,06$	Kecil

(Cohen, 1988)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran PjBL-STEM berbasis *Engineering Design Process* memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan *computational thinking* peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata *N-gain* pada kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, yaitu sebesar 0,60 dengan kategori sedang, sedangkan kelas kontrol memperoleh *N-gain* sebesar 0,41 yang juga berada dalam kategori sedang. Meskipun kedua kelompok memiliki kategori *N-gain* yang sama, nilai *N-gain* yang lebih besar pada kelas eksperimen menunjukkan efektivitas model PjBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan *computational thinking*. Selain itu, hasil analisis statistik menunjukkan nilai *partial eta square* sebesar 0,797, yang termasuk dalam kategori besar berdasarkan interpretasi *effect size*. Dengan demikian, implementasi model PjBL-STEM yang dikombinasikan dengan strategi EDP terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan *computational thinking* peserta didik pada topik suhu dan kalor.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, peneliti memberikan beberapa rekomendasi sebagai berikut:

1. Guru dapat mengadopsi model PjBL-STEM terintegrasi EDP pada materi tertentu dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan keefektifan dalam peningkatan kemampuan *computational thinking* peserta didik.

2. Kepada peneliti selanjutnya adalah mampu melakukan penelitian jangka panjang untuk melihat efek penggunaan Model PjBL-STEM terintegrasi EDP terhadap kemampuan *computational thinking* pada sistem fisika lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Abdiah, L., & Subiyantoro, S. (2021). Penerapan Teori Konstruktivistik Dalam Pembelajaran Tematik Di Sekolah Dasar. *ELSE (Elementary School Education Journal) : Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 5(2), 127.
- Abdul Wahab, N., Talib, O., Razali, F., & Kamarudin, N. (2021). The Big Why Of Implementing Computational Thinking In STEM Education: A Systematic Literature Review. *Malaysian Journal Of Social Sciences And Humanities (MJSSH)*, 6(3), 272–289.
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of Integrating Engineering Design Process Into STEM Makerspace on Renewable Energy Unit to Foster Students' System Thinking Skills. *Heliyon*, 9(4).
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta didik ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202-212.
- Anwar, A. (2022). Media Sosial Sebagai Inovasi Pada Model PjBL Dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *Inovasi Kurikulum*, 19(2), 239–250.
- Asmuniv. (2015). *Pendekatan Terpadu Guruan STEM dalam Upaya Mempersiapkan Sumber Daya Manusia Indonesia yang Memiliki Pengetahuan Interdisipliner untuk Menyosong Kebutuhan Bidang Karir Pekerjaan Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)*. PPPPTK Boe Malang. 10 hlm.
- Astuti, I. D., Toto, & Yulisma, L. (2019). Model Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Aktivitas Belajar Peserta didik. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2), 93.
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–996.
- Cahdriyana, R. A., & Richardo, R. (2020). Computational Thinking in Mathematics Learning. *Literasi*, 9(1), 50-56.

- Capraro, R. Michael., Capraro, M. Margaret., & Morgan, J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning : An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach*. SensePublishers.
- Cohen, J. (1988) Statistical power analysis for the behavioral sciences. Second Edition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
- Deke, O., Jewaru, A. A. L., & Kaleka, Y. U. (2022). *(Engineering Design Process pada STEM melalui Authentic PBL dan Asesmen Formatif: Meninjau Desain Argumentasi Ilmiah Siswa Terkait Termodinamika)*. 2.
- Elva, Y., & Kartika Irawati, R. (2021). Pengaruh Project Based Learning-STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Terhadap Pembelajaran Sains pada Abad 21. *E-d Humanistics*, 06(01), 793–798.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani. (2019). Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Pada Pembelajaran Fisika. *Integrasi Pendidikan, Sains Dan Teknologi Dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah Di Era Revolusi Industri 4.0*, 4(1), 1–4.
- Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (N.D.). *Pengaruh Pembelajaran Steam Berbasis Pjbl (Project-Based Learning) Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Dan Berpikir Kritis*.
- García Peñalvo, F. J., & Mendes, A. J. (2018). *Exploring the computational thinking effects in pre-university education*. Elsevier.
- Ifriliya, L., Hayat, M. S., Roshayanti, F., & Peserta didiknto, J. (2022). Potensi Implementasi Computational Thinking pada Pembelajaran Fisika. *UNNES Physics Education Journal*, 11(3), 1-14.
- Isabelle, A.D., Russo, L. & Velazquez-Rojas, A. (2021) Using the Engineering Design Process (EDP) to guide block play in the kindergarten classroom: exploring effects on learning outcomes. *International Journal of Play*, 10(1), 43–62.
- Laboy Rush, D. (2010). Integrated STEM Education through Project-Based Learning. *Journal Learning. Com*, 12(1), 12–13
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61.
- Mau'izhah, F. R., Rahman, T., & Mulyana, E. H. (2021). Dasar Pengembangan Media Sailboats a Track Model Pembelajaran STEM untuk Kelompok B Sub Tema Benda-Benda Alam. *Jurnal PAUD Agapedia*, 5(1), 90–99.
- Morgan, J. R., Moon, A. M., & Barroso, L. R. (2013). Engineering Better Projects. In R. M. Capraro, M. M. Capraro, & J. R. Morgan (Eds.), *STEM Project-Based Learning* (Pp. 29–39). Sensepublishers.
- Moreno-Palma, N., Hinojo-Lucena, F.-J., Romero-Rodríguez, J.-M., & Cáceres-Reche, M.-P. (2024). Effectiveness of Problem-Based Learning in the

- Unplugged Computational Thinking of University Students. *Education Sciences*, 14(7), 693.
- Nadapdap, A. T. Y., Lede, Y., & Istiyono, E. (2016). Authentic Assessment Of Problem Solving And Critical Thinking Skill For Improvement In Learning Physics. *Proceeding of International Seminar on Science Education (ISSE)*, 37–42.
- Nurtanto, M., Pardjono, P., Widarto, W., & Ramdani, S. D. (2020). The effect of STEM-EDP in professional learning on automotive engineering competence in vocational high school. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(2), 633–649.
- OECD (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD.
- Pajow, M. A., Regar, V. E., & Maukar, M. G. (2024). Hubungan Kemampuan Computational Thinking dan Pemahaman Konsep Matematika Siswa Materi Pola Bilangan. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(1), 544–554.
- Piaget, J. (1953). *The origins of intelligence in children*. New York, NY: Basic Books.
- Sagala, R., Sari, P. M., Firdaos, R., & Amalia, R. (2019). *RQA And TTW Strategies: Which Can Increase The Students' Concepts Understanding?*
- Saenab, Y., Yunus, S. R., & Husain. (2019). Pengaruh Penggunaan Model Project Based Learning Terhadap Keterampilan Kolaborasi Mahapeserta didik Pendidikan IPA. *Jurnal Biology & Education*. 8: 29-41.
- Samsudin, M. A., Nurulazam Md Zain, A., Mahboobeh Jamali, S., & Ale Ebrahim, N. (2018). Physics Achievement in STEM PjBL: A Gender Study. *Physics Achievement in STEM PjBL: A Gender Study. The Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 32, 21–28.
- Shafiul Amri, M., Agus Sudjimat, D., & Nurhadi, D. (2020). Mengkombinasikan Project-Based Learning dengan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Teknikal dan Karakter Kerja Peserta didik SMK. *Jurna Teknologi, Kejuruan, Dan Pengajaran*, 43(1), 41–50.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta. 334 hlm.
- Sukmana, R. W. (2017). Pendekatan Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) sebagai Alternatif dalam Mengembangkan Minat Belajar Peserta Didik Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 2(2), 191–199.
- Sukmana, R. W. (2018). Implementasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) untuk Meningkatkan Keterampilan

- Berpikir Kritis Peserta didik Sekolah Dasar. *Primaria Educationem Journal*, 1(2).
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi Pemodelan Rasch Pada Assessment Pendidikan*. Cimahi: Trim Komunikata Publishing House.
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing Computational Thinking: A Systematic Review Of Empirical Studies. *Computers & Education*, 148, 103798.
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes Towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project Based Learning (PJBL) Environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87–102.
- UNESCO. (2018). A Global Framework of Reference on Digital Literacy for Indicator 4.4.2. *Information Paper*, 51(51), 1–146.
- Vega Marcote, P., & Varela Losada, M. (2016). Basic Teacher Training Oriented Toward Sustainability: Why and How to Carry It Out Today? In *Teaching education for sustainable development at university level* (pp. 83–96). Springer.
- Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press (original work published in 1934)
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725.
- Wing, J. M. (2011). *Research Notebook: Computational Thinking—What And Why?*
- Yasa, P., Wardani, A.L., & Suwandi, I. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran PjBL-STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta didik Kelas XI MIPA SMA Negeri 4. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 13(2), 352-361.
- Yin, Y., Tang, X., Lin, Q., Hadad, R., I. (2019). Improving and Assessing Computational Thinking in Maker Activities: the Integration with Physics and Engineering Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 189-214.